

吉林省黑土某些微量元素环境地球化学特征

陆继龙¹, 周永昶¹, 周云轩^{1,2}

(1. 吉林大学, 吉林 长春 130026; 2. 中国科学院长春地理所, 吉林 长春 130021)

摘要:根据吉林省第二次土壤普查资料,对黑土中微量元素 B、Cu、Fe、Mn、Mo 和 Zn 的全量、有效态含量、它们在土壤剖面中的迁移分布等环境地球化学特征及其影响因素进行了研究,得出如下结论: 吉林省黑土 B、Mn、Mo、Zn 的全量缺乏, Cu、Fe 的全量略低; 黑土 B、Cu、Zn 的有效态含量缺乏,其中 Zn 严重缺乏; 黑土剖面中 B、Cu、Fe、Mn、Mo、Zn 等微量元素全量与有效态含量分布相似,均以淋溶层最低,表层和淀积层较高(Mo 的全量除外)。微量元素有效态含量剖面分布中淀积层层次较深,表层富集程度稍强; 黑土中 B、Fe、Mn、Mo、Zn 的有效态含量与土壤有机质含量呈显著的正相关; B、Mo 的有效态含量与 pH 值呈显著正相关,而 Cu、Fe、Mn、Zn 的有效态含量则与 pH 值呈负相关;黑土 B、Cu、Fe、Mn、Mo、Zn 有效态含量与其全量均达到显著相关水平。根据吉林省黑土中微量元素全量和有效态含量分布的特点,需施用微量元素肥料,增加黑土中微量元素的含量,促进该地区农业的可持续发展。

关键词: 黑土;微量元素;环境地球化学;吉林省

中图分类号: S153

文献标识码: A

文章编号: 0564-3945(2002)05-0365-04

吉林省是我国重要的农业大省,在长期农业生产过程中由于化肥施用量增加和不当的施用方法,导致土壤—植物系统中营养元素不平衡而造成微量元素(B、Cu、Fe、Mn、Mo 和 Zn)缺乏现象严重。微量元素被称为植物生长的“维生素”^[1],除 B 对动物的生理作用尚无定论外,其余几种元素已确认是动植物生长所必需的养分^[2]。黑土是吉林省主要的地带性土类,面积约 110.1 万 hm^2 ,主要分布在吉林省中部长春市和吉林市的台地平原区,其中耕地约有 83.2 万 hm^2 ,占全省耕地总面积的 15.6%,是吉林省主要农业区和国家重要的商品粮基地。黑土的成土母质主要是第四纪黄土状沉积物。研究土壤中微量元素的环境地球化学特征,对于耕地合理施用微量元素肥料、土壤环境保护、防治动植物缺素症和地方病具有重大意义。本文以吉林省第二次土壤普查资料为基础^[3],对黑土中某些微量元素(B、Cu、Fe、Mn、Mo、Zn)的环境地球化学特征进行研究,以期为该地区农业可持续发展提供科学依据。

1 黑土微量元素含量

1.1 黑土表层微量元素全量

吉林省黑土表层微量元素全量列入表 1。表中同时给出了吉林省土壤、我国东北地区土壤^[4]、全国土壤^[5]和世界土壤^[6]微量元素含量平均值,以说明黑土

中各微量元素的丰缺。

表 1 吉林省黑土表层微量元素全量(mg/kg)

Table 1 Total contents of some microelements in the topsoil of Jilin black soil (mg/kg)

土壤 Soil	B	Cu	Fe ($\times 10^4$)	Mn	Mo	Zn
黑土	36.3	20.1	3.44	656.1	0.81	74.0
黄土状沉积物	41.0	19.0	—	590.0	<0.50	60.0
吉林省土壤	32.0	17.1	3.01	603.0	1.00	78.0
东北地区土壤	46.0	22.0	—	840.0	2.20	85.0
全国土壤	64.0	22.0	3.00	710.0	1.70	100.0
世界土壤	60.0	20.0	3.80	850.0	2.00	50.0

注:因为分析数据多服从正态分布,本文中的平均值均指算术平均值

从表 1 中可以看出,吉林省黑土中微量元素的全量均低于东北地区土壤平均值(除 Fe 外)和全国土壤平均值,与世界土壤相比,除 Cu、Zn 略高外,其余均低于世界土壤平均值。但与吉林省土壤平均值相比,除 Mo 和 Zn 略低外,其余微量元素均高于吉林省土壤平均值,表明吉林省黑土微量元素全量相对较为丰富。微量元素的丰度从大到小的顺序与全国和世界土壤微量元素平均丰度的大小顺序基本一致。

黑土中各微量元素的丰度与其成土母质—黄土状沉积物中微量元素丰度(表 1)相近,体现了土壤元素对母质的继承性。可以认为,成土母质中微量元素的含量是决定黑土中微量元素全量最重要的因素。

收稿日期:2001-08-08

基金项目:中国科学院百人计划资助项目

作者简介:陆继龙(1973-),男,山东梁山人,博士研究生,主要从事环境与资源地球化学研究。

1.2 黑土表层微量元素有效态含量

黑土表层微量元素的有效态含量和全国土壤元素的临界值含量^[6,7]列入表2,从表中可以看出,黑土微量元素 Mn、Mo 和 Fe 的有效态含量较高,而 Zn、Cu 和 B 的有效态含量均低于土壤临界值,其中 Zn 有效态含量小于 1.0 mg/kg, Cu 有效态含量小于 1.2 mg/kg,属于严重缺乏,表明黑土对植物微量元素供应水平较低。土壤微量元素活化率^[8]可以反映土壤当前的和潜在的元素供应水平。从吉林省黑土中六种微量元素的活化率来看, Mo (51.85%)、Mn (11.46%) 和 Cu (5.67%) 较高,其它微量元素的活化率较低 (B 1.21%, Zn 0.85%, Fe 0.11%)。

表2 吉林省黑土表层微量元素的有效态含量(mg/kg)

Table2 Total contents of some available microelements in the topsoil of Jilin black soil (mg/kg)

土壤 Soil	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
黑土(平均值)	0.44	1.14	37.8	75.2	0.42	0.63
全国土壤临界值	0.50	2.00	4.5	7.0	0.15	1.50

2 吉林省微量元素全量的剖面分布

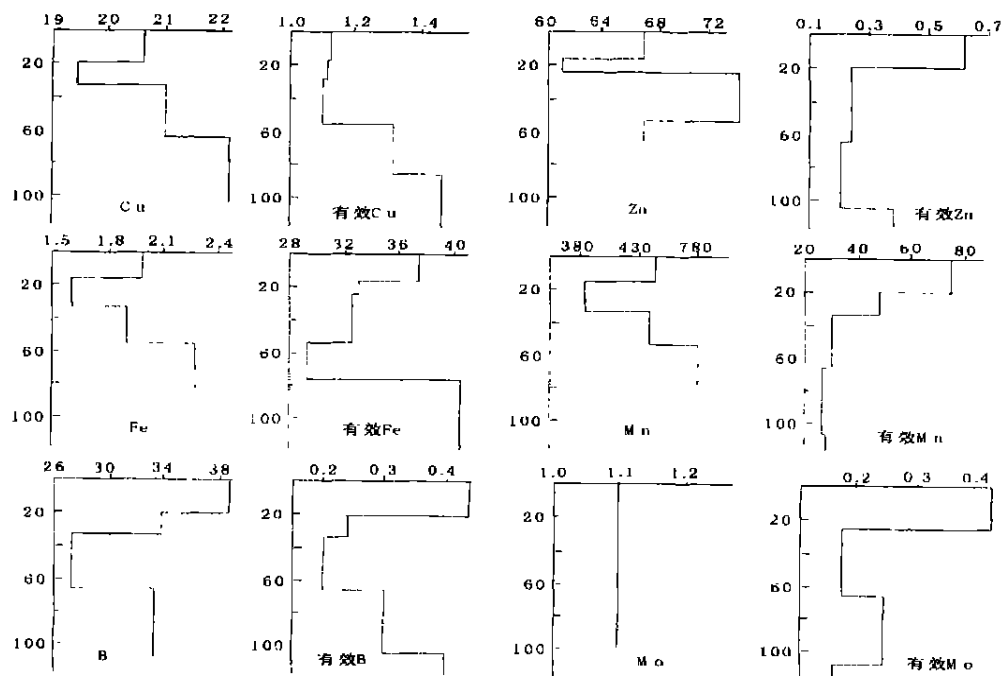
2.1 微量元素全量的剖面分布

微量元素全量在黑土剖面不同土层中的分布情况见图1,可以看出各元素全量一般较为适中,在土壤剖面

中变化不大,尤其是 Mo 在整个土壤剖面中一致,但其余五种微量元素在剖面中的分布仍存在着较为相似的迁移富集规律,即淋溶层含量最低,表层和淀积层含量较高,这可能与该区黑土成土过程的特点有关。黑土形成于温带季风气候条件下,夏季温暖多雨,草原化草甸类型植被生长繁茂,每年在土壤中留下大量的有机质;而冬季寒冷漫长,土壤中的微生物活动是极其微弱,有机质不能充分分解,使土壤表层积累大量腐殖质,对微量元素的吸附固定作用较强。同时,夏季降雨集中(6~8月降水占全年的60%),可使微量元素向下淋失,但由于成土母质质地较粘重,土壤水分一般只在1~2m土层内运动,难以淋失到地下水层^[9],因此形成的黑土剖面层次逐渐过渡,分异不大。淋溶层粘粒略有下移,使淀积层中粘粒含量高于上面土层,对微量元素的吸附作用增强。由于表层大量有机质的积累和淀积层粘粒淀积对微量元素有较强的吸附作用,因而在表层和淀积层中微量元素全量较高,淋溶层最低。在黑土的三个亚类(典型黑土、草甸黑土和白浆化黑土)间微量元素淋溶淀积程度存在着一定的差异,白浆化黑土淋溶淀积最为明显,其次是典型黑土、草甸黑土^[10]。

2.2 微量元素有效态含量的剖面分布

黑土微量元素有效态含量在剖面中的分布见图1。从图可以看出,各种元素有效态含量均以淋溶层最



注:图中纵坐标为土壤剖面深度,单位为 cm;横坐标为元素含量,单位为 mg/kg (Fe 为 %)。

曲线是根据 7 条典型土壤剖面的统计值绘制。

图1 黑土微量元素全量及其有效态含量剖面分布示意图

Fig.1 Distribution of microelements and their availability in black soil profiles in Jilin Province

低,表层和淀积层含量相对较高,与对应微量元素(Mo除外)全量在剖面中的分布特点一致,只是淀积层层次更深一些。微量元素有效态含量在剖面中的分布仍各具不同的特点,这是由于土壤中微量元素有效态含量与土壤有机质含量、土壤 pH 和 Eh 值以及微量元素全量有关系。

研究表明,一般地土壤有机质含量越高,微量元素有效态含量越高。水溶态 B 含量与土壤有机质含量之间呈正相关,且在酸性土壤中影响最大,同时土壤有机质决定水溶态 B 受 pH 值变化影响的程度^[11];而有效 Mo 含量在土壤有机质含量不高时与之呈正相关^[12]。DTPA 提取的有效 Zn 与土壤有机质含量有高度的正相关性,土壤中 60 %的可溶态 Zn 是与富里酸络合的。在温带森林植被条件形成的土壤中,Fe 的迁移是与有机质的螯合作用联系在一起。土壤溶液中 98 %的 Cu 存在于有机复合体中。与富里酸形成的有机 Cu 是可溶性的,与胡敏酸形成不溶的络合物而降低了 Cu 的活性^[13]。土壤中加入有机质后,土壤交换态 Mn 和植物 Mn 含量都有提高^[14]。吉林省黑土有机质含量一般在 2.0~3.0 %之间,高的可达 4 %以上,在剖面中多集中于表层和亚表层。腐殖酸中胡敏酸与富里酸含量较接近,一般前者略高。表层黑土的 pH 值平均为 6.9。对黑土微量元素有效态含量与有机质含量进行相关分析,可发现除 Cu 外微量元素有效态含量一般与有机质含量呈显著的正相关,这与以前的研究较为吻合,反映了在有机质含量较高且胡敏酸略高的中性或弱酸性土壤中有有机质对微量元素活性影响的特点。

土壤中微量元素有效态与土壤理化性质 pH 值和 Eh 值亦有一定关系。吉林省黑土呈中性或弱酸性,通体无石灰性反应。黑土三个亚类的 pH 值均有随剖面深度增加而降低的趋势。相关分析表明,黑土 B、Mo 有效态含量与 pH 值呈显著正相关,其余四种微量元素有效态含量与 pH 值呈负相关。土壤 Eh 值反映了土壤的氧化还原环境。氧化环境下,Eh 值较高,Cu、Zn 的活性增加,而 Fe、Mn 则以高价态存在降低了活性。黑土表层中 Eh 值略高于底层。表土层中 Fe、Mn 有效态含量较高与其弱还原环境有关。

土壤中微量元素全量是其有效态的主要来源,在很大程度上决定了微量元素有效态的多少^[15]。通过相关分析可发现,黑土中 6 种微量元素有效态含量与其全量间达到显著相关水平。这一点从黑土微量元素全量和有效态含量剖面分布图中轮廓线就可看出。因此,黑土微量元素对其有效态的贡献是不可忽视的。

综上所述,黑土中有效态含量在剖面中的分布特征是多种因素综合作用的结果。在相同成土条件下,各种微量元素剖面分布相似;但由于微量元素各自不同的地球化学性质,使其对各种成土因素的响应程度不同,形成了图 1 中不同形状的剖面分布轮廓线。

3 结论

(1)与吉林省土壤相比,黑土 B、Cu、Fe、Mn 等微量元素全量相对丰富;但与全国土壤和世界土壤相比,吉林省黑土 B、Mn、Mo、Zn 全量缺乏,Cu、Fe 全量略低。

(2)吉林省黑土 B、Cu、Zn 等微量元素有效态含量缺乏,其中 Zn 严重缺乏。有效态含量缺乏主要是因其活化率较低。

(3)吉林省黑土剖面中,B、Cu、Fe、Mn、Mo、Zn 等微量元素全量与有效态含量分布相似,均以淋溶层最低,表层和淀积层较高(全量 Mo 除外)。对微量元素有效态含量剖面分布来说,淀积层层次较深一些,表层富集程度稍强。这与黑土形成发育过程和其理化性质密切相关。

(4)除 Cu 以外,吉林省黑土中微量元素有效态含量均与土壤有机质含量呈显著的正相关;黑土 B、Mo 有效态含量与 pH 值呈显著正相关,而 Cu、Fe、Mn、Zn 有效态含量则与 pH 值呈负相关;黑土 B、Cu、Fe、Mn、Mo、Zn 有效态含量均与其全量达到显著相关水平。

(5)根据吉林省黑土中微量元素全量和有效态含量分布的特点,需施用微量元素肥料,以增加黑土中微量元素含量,从而促进该地区农业的可持续发展。

参考文献:

- [1] 吴镇麟. 上海土壤中微量元素的含量与分布研究[J]. 土壤学报, 1982, 19(2): 173-181.
- [2] 中国科学院南京土壤研究所微量元素组. 土壤和植物中微量元素分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1978, 2, 8, 122, 136, 141, 390-406.
- [3] 吉林省土壤肥料总站编著. 吉林土壤[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [4] 中国科学院林业土壤研究所编著. 中国东北土壤[M]. 北京: 科学出版社, 1980. 388, 392-393.
- [5] 熊毅, 李庆逵主编. 中国土壤(第二版)[M]. 北京: 科学出版社, 1987, 517-536.
- [6] HJ M 鲍恩(崔仙舟译). 元素的环境化学[M]. 北京: 科学出版社, 1986, 45-46.
- [7] 刘铮, 朱其清, 唐丽华, 等. 我国缺乏微量元素的土壤及其区域分布[J]. 土壤学报, 1982, 19(3): 209-223.
- [8] 洪松, 郑泽厚, 陈俊生. 湖北省黄棕壤若干微量元素环境地球化学

- 特征[J]. 土壤学报, 2000, 38(1): 89-95.
- [9] 姜岩. 吉林土壤[M]. 长春: 吉林人民出版社, 1983. 221-222.
- [10] 张立新, 冯君, 杨志超. 吉林省中部黑土中微量元素与分异规律[J]. 吉林农业大学学报, 1998, 20(3): 54-56.
- [11] Garrett A Fleming. Essential Micronutrients : Boron and Molybdenum[A]. In: B E Davies, ed. Applied Soil Trace Elements[C]. John Wiley & Sons Ltd, 1980. 155-197.
- [12] 王云, 魏复盛. 土壤环境元素化学[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1995, 111-112, 265-300.
- [13] Bernard D Knezek, Boyd G Ellis. Essential Micronutrients : Copper, Iron, Manganese, and Zinc[A]. In: B E Davies, ed. Applied Soil Trace Elements[C]. John Wiley & Sons Ltd, 1980, 259-286.
- [14] Sillanpaa M. Trace Elements in Soil and Agriculture[J]. Soil Bulletin F.A.O, 1972, 17: 67-70.
- [15] 龚子同, 黄标, 周瑞荣. 南海诸岛土壤的地球化学特征及其生物有效性[J]. 土壤学报, 1997, 34(1): 10-27.

Environmental Geochemical Characteristics of Some Microelements in the Black Soil of Jilin province

LU Ji-long¹ ZHOU Yong-chang¹ ZHOU Yun-xuan^{1,2}

(1. Jilin University, Changchun 130026; 2. Changchun Institution of Geography, Chinese Academy of Science of China, Changchun 130021)

Abstract : According to the data collected in the second soil survey of Jilin Province, the environmental geochemical characteristics of total contents in microelement, available contents and their distributions in soil profiles and affecting factors are studied. The main results are as following: (1) B, Mn, Mo and Zn are deficient in total contents in black soil, and Cu and Fe are low. (2) The contents of available B, Cu and Zn are deficient and Zn is severely deficient. (3) The distribution patterns of total contents and available contents of microelements are similar, both having their lowest contents in the celuvium. Compared with the total contents of microelements, the level of illuvium is deeper and the enrichment degree of topsoil is higher. (4) The contents of available B, Cu, Fe, Mn, Mo and Zn have significant positive correlation with the organic matter content in the soil. The contents of available B and Mo have significant positive correlation with pH, while the contents of available Cu, Fe, Mn and Zn have significant negative correlation with pH. The correlation between the contents of B, Cu, Fe, Mn, Mo and Zn and their total contents are proved to be significant. Thus, the trace - element fertilizer should be applied to the cropland in order to increase the contents of microelements in the black soil to promote the sustainable development of regional agriculture.

Key words : Black soil; Microelement; Environmental geochemisry; Jilin Province